

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-005813

(43)Date of publication of application : 09.01.2002

(51)Int.Cl.

G01N 15/02  
// G01B 11/08

(21)Application number : 2000-190472

(71)Applicant : HORIBA LTD

(22)Date of filing : 26.06.2000

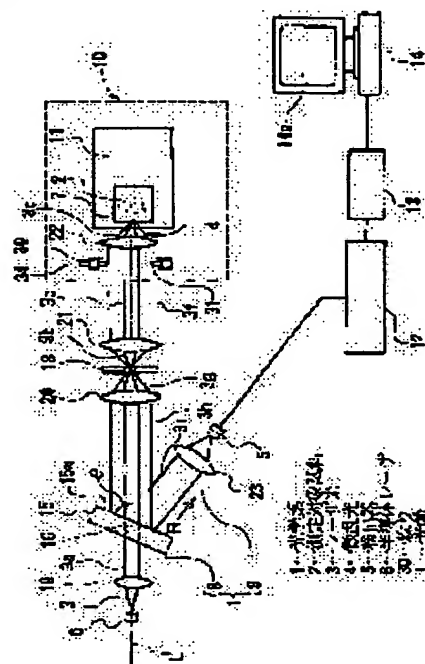
(72)Inventor : YAMAGUCHI TETSUJI  
KITAMURA HIROYUKI

## (54) GRAIN DIAMETER DISTRIBUTION MEASURING DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a grain diameter distribution measuring device, capable of easily adjusting light intensity without generating an optical noise which adversely affects measurements.

**SOLUTION:** In the grain diameter distribution measuring device for converting scattering light 4, generated by irradiating a sample to be measured 2 with laser light 3 into an electrical detection signal to compute the grain diameter distribution of particles contained in the sample to be measured 2 on the basis of the detection signal, with the center of a diaphragm 30 for reducing the quantity of scattered light 4 is made to coincide with an optical axis L of an optical system 1, the diaphragm 30 is set at a location, so that the scattered light 4 and/or laser light 3 is a light 3f which is parallel with respect to the optical axis L. The diaphragm 30 in a minimum open state is formed larger than the incident beam diameter of the laser light 3.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

**[Claim 1]** In the particle-size-distribution measuring device which computes the particle size distribution of the particle which changes into an electric detecting signal the scattered light which irradiates a laser beam and produces it in a measuring object sample, and is contained in said measuring object sample based on this detecting signal The diaphragm which decreases the quantity of light of said scattered light in the condition of having made the core in agreement with the optical axis of optical system The particle-size-distribution measuring device characterized by having installed in the location said whose scattered light and/or said laser beam are parallel light to said optical axis, and having formed said diaphragm in the state of the minimum opening more greatly than the diameter of incoming beams of said laser beam.

---

**[Translation done.]**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

**[Field of the Invention]** This invention relates to the new particle-size-distribution measuring device which prepared the diaphragm in the optical system which leads to a detector the scattered light which irradiates a laser beam and produces it in a measuring object sample.

**[0002]**

**[Description of the Prior Art]** In the particle-size-distribution measuring device using the dynamic light scattering by the laser beam, a laser beam is irradiated at the particle distributed in the liquid. In computing particle size distribution from the light scattered about by the particle, by inserting an extinction filter (it only being called a filter) into an optical path Since a high-concentration measuring object sample is irradiated, when it reduces the optical reinforcement of laser incident light or the scattered light to a detector has too strong optical reinforcement, reducing this optical reinforcement is performed from the former. For example, since the optical reinforcement of the scattered light condensed by the detector becomes strong when the particle diameter of the particle contained in a measuring object sample is large, the time when the concentration of a measuring object sample is high, and, in order to weaken the optical reinforcement, the filter is inserted into an optical path.

**[0003]**

**[Problem(s) to be Solved by the Invention]** On the other hand, the time when the concentration of a measuring object sample is low, when the particle diameter of a particle is small, for example, even if it upgrades laser incident light like a macromolecule, in a measuring object sample with the optical weak reinforcement of the scattered light, it is necessary to remove a filter from an optical path. Therefore, it may originate in filter dirt and the crack by filter removal actuation, and an optical noise may occur.

**[0004]** Moreover, since the optical path length by optical refraction of a filter material changes by the case where there is nothing with the case where a filter is in an optical path, focal location gap may be caused.

**[0005]** Furthermore, laser oscillation is made unstable with the laser return light by the filter front face, or there is a possibility of making an optical noise increasing by the scattered light.

**[0006]** This invention was made with careful attention to the above-mentioned matter, and that purpose is offering the particle-size-distribution measuring device which can adjust optical reinforcement easily, without generating the optical noise which has a bad influence on measurement.

**[0007]**

**[Means for Solving the Problem]** In order to attain the above-mentioned purpose, this invention irradiates a laser beam at a measuring object sample. In the particle-size-distribution measuring device which computes the particle size distribution of the particle which changes the scattered light to produce into an electric detecting signal, and is contained in said measuring object sample based on this detecting signal The diaphragm which decreases the quantity of light of said scattered light is installed in the location said whose scattered light and/or said laser beam are parallel light to said optical axis in the condition of having made it in agreement with the

optical axis of optical system, in the core, and said diaphragm is formed in the state of the minimum opening more greatly than the diameter of incoming beams of said laser beam.

[0008]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of implementation of this invention is explained, referring to a drawing.

[0009] Drawing 1 and drawing 2 show the 1st operation gestalt of this invention that has installed the tris diaphragm which decreases the quantity of light of the scattered light in the cel unit section in the location whose scattered light from a measuring object sample is parallel light.

[0010] In drawing 1 and drawing 2, 1 is optical system which leads the scattered light 4 from the measuring object sample 2 which irradiates the laser beam 3 of constant frequency and is produced in the measuring object sample 2 to a detector 5. This optical system consists of the incident light optical system 8 which leads the laser beam 3 by which outgoing radiation is carried out from semiconductor laser 6 to a cel 7 and the outgoing radiation light optical system 9 which leads the back scattered light 4 from the measuring object sample 2 to a detector 5 as a laser light source.

[0011] 10 is the cel unit section in which a cel 7 is installed possible [ ejection ]. The cel 7 is held at the cel holder 11. Moreover, as a measuring object sample 2, various samples, such as a high-concentration undiluted solution sample, and dispersion liquid to an acid and an alkali solvent, dispersion liquid to an organic solvent, can be mentioned. Therefore, the cel 7 has adopted the glass thing. And since the Brownian-motion rate of the minute particle distributed in the liquid in the cel 7 may change with temperature sensitively, temperature management of the measuring object sample 2 is important, therefore the cel unit section 10 is constituted so that highly precise measurement which was equipped with the temperature control function and stabilized can be performed.

[0012] It is the personal computer equipped with display 14a which displays the particle size distribution which calculated a signal transformation means by which 12 consists of pre amplifier and an A-D converter, and 13, by CPU, and calculated 14 by CPU13.

[0013] Moreover, 15 is the hole vacancy mirror equipped with the hole 16 which has the magnitude which a laser beam 3 can pass, to the optical axis L, makes the include angle of the acute angle theta, and is installed so that the optical axis L of the incident light optical system 8 may pass along the core of a hole 16. This hole vacancy mirror 15 has mirror side 15a in a detector 5 side at least. 18 is a pinhole to which laser beam 3a made into parallel light with the collimate lens 19 is led through the hole 16 of the hole vacancy mirror 15. In this case, it is condensed by the pinhole 18 with a lens 20. 21 is a lens which sets again to parallel light 3c laser beam 3b which came out from the pinhole 18 and spread. 22 is the condenser lens installed in the cel unit section 10, and has the function to make the measuring object sample 2 in a cel 7 condense parallel light 3c. In addition, the hole 16 of the hole vacancy mirror 15 is slightly formed greatly rather than the magnitude of the path of the parallel light 3c and 3a, and has taken the configuration which is before and after passage of a hole 16, and does not change the total quantity of light of a laser beam 3. 3d is the condensed laser beam. Moreover, a condenser lens receives scattered-light 3f from particle distributed in liquid e [refer to [ drawing 2 (A) and ] drawing 2 (B)] with the whole (the diameter D of a lens) lens, and also has the function made into 3f of dispersion parallel light as the scattered light which has the bigger path G than the path F of incidence parallel light 3c. 3f of this dispersion parallel light returns the optical path same to the hole vacancy mirror 15 as the time of incidence. Namely, 3f of dispersion parallel light is condensed by the pinhole 18 with a lens 21. Then, 3g of scattered lights which came out from the pinhole 18 and spread is again made into 3h of dispersion parallel light with a lens 20. 3h of this dispersion parallel light is reflected in the direction of a detector 5 (the direction of R) by mirror side 15a of the hole vacancy mirror 15, and this reflected dispersion parallel light 3i is condensed by the detector 5 with the condenser lens 23 for detectors. And by making into an electrical signal dispersion parallel light 3i detected with the detector 5, it changes with the signal transformation means 12, and data processing of this changed data is carried out by CPU13.

[0014] Hereafter, the characteristic configuration of this invention is explained.

[0015] 30 is the tris diaphragm which formed the scattered light 4 from the measuring object sample 2 in the outgoing radiation light optical system 9 led to a detector 5, in detail, makes in agreement the core and optical axis L of a tris diaphragm 30, and is installed in the optical path of 3f of dispersion parallel light in the cel unit section 10. A tris diaphragm 30 has the function to decrease the quantity of light of 3f of dispersion parallel light.

[0016] Said tris diaphragm 30 has the adjustable opening 31 in the center. This adjustable opening 31 is constituted so that it may open and close in the shape of an approximately concentric circle, but also in the state of the minimum opening as shows the adjustable opening 31 to the condition made the smallest or [ that is, ] drawing 2 (C), it has the composition that minimum opening 31a of the diameter of several mm is maintainable so that the adjustable opening 31 may not carry out a close by-pass bulb completely to a core. As the magnitude of this minimum opening 31a is shown in drawing 2 (C), rather than the diameter of the flux of light of said incidence parallel light 3c from semiconductor laser 6, it is set as size, and a tris diaphragm 30 functions as the total quantity of light of said incidence parallel light 3c being maintainable before and behind a tris diaphragm 30.

[0017] In addition, in drawing 2 (C), the adjustable opening 31 shown with the two-dot chain line shows the maximum-mandibular-movements condition when opening the adjustable opening 31 most greatly. This maximum-mandibular-movements 31b is shown in drawing 2 R> 2 (A). On the other hand, drawing 2 (B) shows the condition of having extracted the adjustable opening 31, and, thereby, only the part which made small the diameter of the flux of light of 3f of dispersion parallel light is known by that the total quantity of light is reduced.

[0018] two or more variation rates prepared in order that 33 might form the adjustable opening 31 which has magnitude predetermined by the manual operation of a lever 34 — a member — it is — each — a variation rate — a member 33 supports pivotably respectively possible [ linkage with a hinge (not shown) ] — having — \*\*\*\* — two or more variation rates by the manual operation of a lever 34 — it displaces so that a member 33 may open and close the adjustable opening 31 to coincidence. In addition, said tris diaphragm 30 can be manually operated because said tris diaphragm 30 is installed in the cel unit section 10 which not the optical system 1 but the measuring object sample 2 consists of possible [ exchange ].

[0019] When \*(ing), changing the measuring object sample 2 to a high-concentration thing from a low-concentration thing and the concentration of the measuring object sample 2 is too high as shown in drawing 2 (B) Since 3f of said dispersion parallel light which is the scattered light from the measuring object sample 2 has too strong optical reinforcement, it changes into the condition which the adjustable opening 31 of a full open condition in case the measuring object sample 2 as shown in drawing 2 (A) is low concentration is extracted, and shows in drawing 2 (B), and measures.

[0020] On the other hand, since 3f of dispersion parallel light has taper reinforcement when the concentration of the measuring object sample 2 is low as shown in drawing 2 (A), where it did not need to extract the adjustable opening 31 and the condition of said maximum-mandibular-movements 31b is maintained, it can measure. In this case, since 3f of scattered lights can be dimmed and a filter is not used like before, leaving a tris diaphragm 30 to an optical path, the optical noise from the dirt of the filter resulting from a filter, a crack, and a filter front face, and focal location gap and the effect according to return light further can be lost. And the diameter of the flux of light of 3f of dispersion parallel light, i.e., the quantity of light, can be easily adjusted only by operating manually the lever 34 of the tris diaphragm 30 currently installed in the cel unit section 10.

[0021] By the way, in the particle-size-distribution measuring device shown in drawing 1, although it cannot measure to measure the measuring object sample 2 of concentration which 3f of dispersion parallel light which has too strong optical reinforcement generates and which is too high, without using a tris diaphragm 30 temporarily if the measuring object sample 2 is not diluted, by this invention, it has the advantage which can also save the time and effort of that dilution.

[0022] Drawing 3 shows the 2nd operation gestalt of this invention the diameter of the flux of

light of the scattered light was made to be made to adjustable automatically [ it is difficult and ] as for manual operation. In addition, in drawing 3 , the same thing as the sign shown in drawing 1 and drawing 2 is the same or a considerable object.

[0023] It sets to drawing 3 , and a tris diaphragm 30 makes in agreement the core and optical axis L of a tris diaphragm 30, and is installed in the optical path of 3h of dispersion parallel light between said lens 20 and the hole vacancy mirror 15.

[0024] In this case, although it is difficult to make adjustable manually the diameter of the flux of light of 3h of dispersion parallel light like the operation gestalt of the above 1st since the tris diaphragm 30 is installed in optical system 1 With this operation gestalt, since the diaphragm automatic regulating valve 40 which outputs the signal which makes adjustable adjustable opening 31 of a tris diaphragm 30 to the actuator (not shown) which drives two or more displacement members is formed, diaphragm adjustment can be performed automatically.

[0025] In addition, as a modification, as the alternate long and short dash line showed drawing 3 , what formed the tris diaphragm 30 which formed said drawing automatic regulating valve 40 between said hole vacancy mirror 15 and the condenser lens 23 for detectors can be mentioned, and reliable data can be obtained even in this case.

[0026] Also in the case of side-way scattering light, this invention is applicable although each above-mentioned operation gestalt showed the case of a back scattered light.

[0027] Drawing 4 shows the 3rd operation gestalt of this invention that the core of a tris diaphragm 30 and optical-axis L' were made in agreement with the optical path of dispersion parallel light 3j which is side-way scattering light, and installed the tris diaphragm 30. In addition, in drawing 4 , the same thing as the sign shown in drawing 1 - drawing 3 is the same or a considerable object.

[0028] With this operation gestalt, said tris diaphragm 30 is installed not in the optical system 1 but in the cel unit section 10. 23 — ' — a liquid — inside — having distributed — a particle — being scattered about — having had — side-way scattering — light — three — j — ' — condensing — parallel — light — three — j — \*\* — carrying out — a sake — a lens — 23 — ' — ' — said — side-way scattering — parallel — light — three — j — a detector — five — condensing — a sake — a detector — \*\* — a condenser lens — it is . Said condenser lens 23' and 23'' are also installed in the cel unit section 10.

[0029] In addition, although each above-mentioned operation gestalt showed the thing using the tris diaphragm 30 which has the adjustable opening 31 which can be extracted in the shape of an approximately concentric circle as a diaphragm which decreases the quantity of light of the scattered light The diaphragm 53 constituted so that the magnitude of the opening 52 formed between the perpendicular edges 51 of the displacement member 50 of a pair as shown in drawing 5 could be adjusted, The diaphragm 63 constituted so that the magnitude of the opening 62 formed between the concave edges 61 of the displacement member 60 of a pair as shown in drawing 6 could be adjusted can be used.

[0030] Moreover, although each above-mentioned operation gestalt showed the thing which decreases the quantity of light of the scattered light using the tris diaphragm 30 as a diaphragm The diaphragm 53 constituted so that the magnitude of the opening 52 formed between the perpendicular edges 51 of the moving-part material 50 of a pair as shown in drawing 5 could be adjusted, The diaphragm 63 constituted so that the magnitude of the opening 62 formed between the V-like edges 61 of the moving-part material 60 of a pair as shown in drawing 6 could be adjusted can be used.

[0031] Moreover, the diaphragm was installed in the location the scattered light and/or said whose laser beam are parallel light by this invention for the flux of light of said parallel light avoiding that diffraction scattering of the part is carried out according to a diaphragm.

[0032]

[Effect of the Invention] In this invention, since the diaphragm was prepared in the optical system which leads to a detector the scattered light which irradiates a laser beam and produces it in a measuring object sample, it can dim maintaining the dependability of data without being influenced of a noise etc., and particle-size-distribution measurement of a more high-concentration measuring object sample is enabled.



---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-5813

(P2002-5813A)

(43)公開日 平成14年1月9日(2002.1.9)

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

テーム(参考)

G 0 1 N 15/02

G 0 1 N 15/02

A 2 F 0 6 5

// G 0 1 B 11/08

G 0 1 B 11/08

H

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願2000-190472(P2000-190472)

(22)出願日 平成12年6月26日(2000.6.26)

(71)出願人 000155023

株式会社堀場製作所

京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地

(72)発明者 山口 哲司

京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地

株式会社堀場製作所内

(72)発明者 北村 裕之

京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地

株式会社堀場製作所内

(74)代理人 100074273

弁理士 藤本 英夫

Fターム(参考) 2F065 AA26 DD04 EE01 FF42 GG06

HH03 LL12 LL28 LL30 QQ21

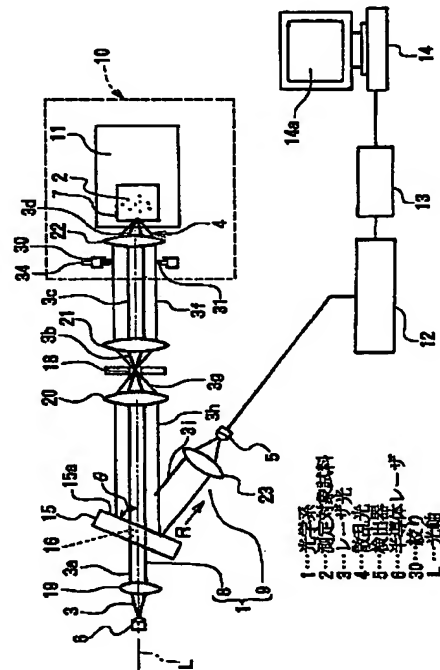
QQ32 SS13

(54)【発明の名称】 粒径分布測定装置

(57)【要約】

【課題】 測定に悪影響を及ぼす光ノイズなどを発生させることなく光強度を容易に調節できる粒径分布測定装置を提供すること。

【解決手段】 測定対象試料2にレーザ光3を照射して、生じる散乱光4を電気的な検出信号に変換し、この検出信号に基づいて前記測定対象試料2に含まれる粒子の粒径分布を算出する粒径分布測定装置において、前記散乱光4の光量を減少させる絞り30を、その中心を光学系1の光軸Lに一致させた状態で、前記光軸Lに対して前記散乱光4および/または前記レーザ光3が平行光3fである位置に設置してあり、前記絞り30を、最小開口状態で前記レーザ光3の入射光束径より大きく形成してある。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 測定対象試料にレーザ光を照射して、生じる散乱光を電氣的な検出信号に変換し、この検出信号に基づいて前記測定対象試料に含まれる粒子の粒径分布を算出する粒径分布測定装置において、前記散乱光の光量を減少させる絞りを、その中心を光学系の光軸に一致させた状態で、前記光軸に対して前記散乱光および／または前記レーザ光が平行光である位置に設置してあり、前記絞りを、最小開口状態で前記レーザ光の入射光束径より大きく形成してあることを特徴とする粒径分布測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、測定対象試料にレーザ光を照射して、生じる散乱光を検出器へ導く光学系に絞りを設けた、新規な粒径分布測定装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 レーザ光による動的光散乱を利用した粒径分布測定装置において、液体中に分散した粒子にレーザ光を照射し、粒子により散乱された光から粒径分布を算出するにあたり、光路中に減光フィルタ（単にフィルタという）を挿入することで、高濃度の測定対象試料に照射するためレーザ入射光の光強度を低下させたり、あるいは、検出器への散乱光が強すぎる光強度を有する場合にこの光強度を低下させたりすることが従来から行われている。例えば測定対象試料の濃度が高いときや、測定対象試料に含まれる粒子の粒子径が大きいときには検出器に集光される散乱光の光強度が強くなるため、その光強度を弱くするためにフィルタを光路中に挿入している。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 一方、測定対象試料の濃度が低いときや、粒子の粒子径が小さいとき、例えば、高分子などのようにたとえレーザ入射光をパワーアップしても散乱光の光強度が弱い測定対象試料においては、光路からフィルタを取り外す必要がある。そのため、フィルタ取り外し操作によるフィルタ汚れやキズに起因して光ノイズが発生する可能性がある。

【0004】 また、フィルタが光路中に有る場合と無い場合でフィルタ材料の光屈折による光路長が変化することから、焦点位置ズレを起こす場合がある。

【0005】 更に、フィルタ表面によるレーザ戻り光でレーザ発振を不安定にしたり、散乱光により光ノイズを増加させるおそれがある。

【0006】 この発明は、上述の事柄に留意してなされたもので、その目的は、測定に悪影響を及ぼす光ノイズなどを発生させることなく光強度を容易に調節できる粒径分布測定装置を提供することである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、この発明は、測定対象試料にレーザ光を照射して、生じる散乱光を電氣的な検出信号に変換し、この検出信号に基づいて前記測定対象試料に含まれる粒子の粒径分布を算出する粒径分布測定装置において、前記散乱光の光量を減少させる絞りを、その中心を光学系の光軸に一致させた状態で、前記光軸に対して前記散乱光および／または前記レーザ光が平行光である位置に設置してあり、前記絞りを、最小開口状態で前記レーザ光の入射光束径より大きく形成してある。

## 【0008】

【発明の実施の形態】 以下、この発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。

【0009】 図1、図2は、セルユニット部において測定対象試料からの散乱光が平行光である位置に、散乱光の光量を減少させる虹彩絞りを設置してあるこの発明の第1の実施形態を示す。

【0010】 図1、図2において、1は、測定対象試料2に一定周波数のレーザ光3を照射して、生じる測定対象試料2からの散乱光4を検出器5へ導く光学系である。この光学系は、レーザ光源としての例えば半導体レーザ6から出射されるレーザ光3をセル7へ導く入射光光学系8と、測定対象試料2からの後方散乱光4を検出器5へ導く出射光光学系9とより構成される。

【0011】 10は、セル7が取り出し可能に設置されるセルユニット部である。セル7は、セルホルダ11に保持されている。また、測定対象試料2としては、高濃度の原液試料、酸・アルカリ溶媒への分散液や有機溶媒への分散液などさまざまな試料を挙げることができる。そのため、セル7はガラス製のものを採用している。そして、セル7内において液体中に分散した微小粒子のブラウン運動速度は温度によって敏感に変化する場合があるので、測定対象試料2の温度管理は重要であり、そのため、セルユニット部10は温度制御機能を備えて安定した高精度な測定が行えるように構成されている。

【0012】 12は、プリアンプおよびAD変換器よりなる信号変換手段、13は、CPU、14は、CPU13で演算された粒径分布を表示する表示部14aを備えたパソコンである。

【0013】 また、15は、レーザ光3が通過可能な大きさを有する穴16を備えた穴あきミラーで、入射光光学系8の光軸Lが穴16の中心を通るよう、かつ、光軸Lに対して鋭角 $\theta$ の角度をなして設置されている。この穴あきミラー15は、少なくとも検出器5側にミラー面15aを有する。18は、コリメートレンズ19で平行光とされたレーザ光3aが、穴あきミラー15の穴16を通過して導かれるピンホールである。この場合、ピンホール18にはレンズ20にて集光される。21は、ピンホール18から出て広がったレーザ光3bを再び平行光3cとするレンズである。22は、セルユニット部10

内に設置された集光レンズで、平行光3cをセル7中の測定対象試料2に集光させる機能を有する。なお、穴あきミラー15の穴16は、平行光3c、3aの径の大きさよりも僅かに大きく形成されており、穴16の通過前後でレーザ光3の全光量が変わらない構成を採っている。3dは、その集光されたレーザ光である。また、集光レンズは、液体中に分散した粒子からの散乱光3e

〔図2(A)、図2(B)参照〕をレンズ全体(レンズ径D)で受光し、入射平行光3cの径Fよりも大きな径Gを有する散乱光としての散乱平行光3fとする機能も有する。この散乱平行光3fは、穴あきミラー15まで、入射時と同じ光路を戻す。すなわち、散乱平行光3fは、レンズ21にてピンホール18に集光され、続いて、ピンホール18から出て広がった散乱光3gはレンズ20で再び散乱平行光3hとされ、この散乱平行光3hは穴あきミラー15のミラー面15aで検出器5の方向(R方向)へ反射され、この反射された散乱平行光3iは検出器用集光レンズ23で検出器5に集光される。そして、検出器5で検出された散乱平行光3iを電気信号として信号変換手段12で変換し、この変換されたデータはCPU13で演算処理される。

【0014】以下、この発明の特徴的構成について説明する。

【0015】30は、測定対象試料2からの散乱光4を検出器5へ導く出射光光学系9に設けた虹彩絞りであり、詳しくは、セルユニット部10における散乱平行光3fの光路に虹彩絞り30の中心と光軸Lを一致させて設置されている。虹彩絞り30は、散乱平行光3fの光量を減少させる機能を有する。

【0016】前記虹彩絞り30は、可変開口31を中央に有する。この可変開口31は、略同心円状に開閉するよう構成されているが、可変開口31を最も小さくした状態でも、つまり、図2(C)に示すような最小開口状態でも、可変開口31が中心まで全開することのないように、数mm径の最小開口31aを維持できる構成となっている。この最小開口31aの大きさは、図2(C)に示すように、半導体レーザ6からの前記入射平行光3cの光束径よりは大に設定されており、虹彩絞り30の前後で前記入射平行光3cの全光量が維持できるよう虹彩絞り30は機能する。

【0017】なお、図2(C)において、二点鎖線で示した可変開口31は、可変開口部31を最も大きく開けたときの最大開口状態を示す。この最大開口31bを図2(A)にも示す。一方、図2(B)は、可変開口部31を絞った状態を示し、これにより、散乱平行光3fの光束径を小さくした分だけ全光量が減らされていることが分かる。

【0018】33は、レバー34の手動操作で所定の大きさを有する可変開口部31を形成するために設けた複数の変位部材で、各変位部材33がそれぞれヒンジ(図

示せず)によって連動可能に枢支されており、レバー34の手動操作で複数の変位部材33が可変開口部31を同時に開閉するよう変位する。なお、前記虹彩絞り30を手動操作できるのは、光学系1ではなく測定対象試料2が入れ替え可能に構成されているセルユニット部10内に前記虹彩絞り30を設置しているからである。

【0019】而して、測定対象試料2を低濃度のものから高濃度のものに入れ替える場合において、図2(B)に示すように測定対象試料2の濃度が高すぎるときは、測定対象試料2からの散乱光である前記散乱平行光3fが強すぎる光強度を有することから、図2(A)に示すような測定対象試料2が低濃度の場合における全開状態の可変開口31を絞って図2(B)に示す状態にして測定する。

【0020】一方、図2(A)に示すように、測定対象試料2の濃度が低いときは、散乱平行光3fが弱い光強度を有することから、可変開口31を絞る必要がなく前記最大開口31bの状態を維持した状態で測定できる。この場合、光路に虹彩絞り30を残したままで、散乱光3fを減光でき、従来のようにフィルタを使わないため、フィルタに起因したフィルタの汚れ、キズ、フィルタ表面からの光ノイズや、焦点位置ズレ、更には、戻り光による影響を無くすることができる。しかも、セルユニット部10内に設置されている虹彩絞り30のレバー34を手動操作するだけで容易に散乱平行光3fの光束径、すなわち、光量を調節できる。

【0021】ところで、図1に示した粒径分布測定装置において、仮に虹彩絞り30を用いることなく強すぎる光強度を有する散乱平行光3fが発生するような高すぎる濃度の測定対象試料2を測定したい場合、測定対象試料2を希釈しなければ測定できないが、この発明では、その希釈の手間も省ける利点を有する。

【0022】図3は、手動操作は困難で自動で散乱光の光束径を可変にできるようにしたこの発明の第2の実施形態を示す。なお、図3において、図1、図2に示す符号と同一のものは、同一または相当物である。

【0023】図3において、虹彩絞り30は、前記レンズ20および穴あきミラー15間における散乱平行光3hの光路に虹彩絞り30の中心と光軸Lを一致させて設置されている。

【0024】この場合、虹彩絞り30は、光学系1内に設置されているので、上記第1の実施形態のように手で散乱平行光3hの光束径を可変にすることは困難であるが、この実施形態では、虹彩絞り30の可変開口部31を可変にする信号を、複数の変位部材を駆動するアクチュエータ(図示せず)に出力する絞り自動調整弁40が設けられているので、絞り調整を自動で行える。

【0025】なお、変形例として、図3において、一点鎖線で示したように、前記絞り自動調整弁40を設けた虹彩絞り30を前記穴あきミラー15および検出器用集

10

20

30

40

50

光レンズ23間に設けたものを挙げる事ができ、この場合でも、信頼性のあるデータを得ることができる。

【0026】上記各実施形態では後方散乱光の場合を示したが、側方散乱光の場合にもこの発明は適用できる。

【0027】図4は、側方散乱光である散乱平行光3jの光路に虹彩絞り30の中心と光軸L'を一致させて虹彩絞り30を設置したこの発明の第3の実施形態を示す。なお、図4において、図1～図3に示す符号と同一のものは、同一または相当物である。

【0028】この実施形態では、前記虹彩絞り30は光学系1ではなくセルユニット部10内に設置されている。23'は、液体中に分散した粒子により散乱された側方散乱光3j'を集光して平行光3jとするためのレンズ、23''は、前記側方散乱平行光3jを検出器5に集光するための検出器用集光レンズである。前記集光レンズ23'、23''もセルユニット部10内に設置されている。

【0029】なお、上記各実施形態では、散乱光の光量を減少させる絞りとして、略同心円状に絞ることができる可変開口31を有する虹彩絞り30を用いたものとしたが、図5に示すような一対の変位部材50の垂直エッジ51間に形成される開口52の大きさを調節できるように構成された絞り53や、図6に示すような一対の変位部材60の凹状エッジ61間に形成される開口62の大きさを調節できるように構成された絞り63を用いることができる。

【0030】また、上記各実施形態では、散乱光の光量を減少させる絞りとして、虹彩絞り30を用いたものとしたが、図5に示すような一対の可動部材50の垂直エッジ51間に形成される開口52の大きさを調節できるように構成された絞り53や、図6に示すような一対の可動部材60のV状エッジ61間に形成される開口62の大きさを調節できるように構成された絞り63を用\*

\*いることができる。

【0031】また、この発明で、絞りを、散乱光および/または前記レーザー光が平行光である位置に設置したのは、前記平行光の光束が絞りによって一部が回折散乱されるのを回避するためである。

【0032】

【発明の効果】この発明では、測定対象試料にレーザー光を照射して、生じる散乱光を検出器へ導く光学系に絞りを設けたので、ノイズなどの影響を受けることなくデータの信頼性を保ちながら減光でき、より高濃度の測定対象試料の粒径分布測定を可能にできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施形態を示す全体構成説明図である。

【図2】(A)は、上記実施形態において低濃度の測定対象試料の粒径分布測定状態を示す構成説明図である。

(B)は、上記実施形態において高濃度の測定対象試料の粒径分布測定状態を示す構成説明図である。(C)は、上記実施形態で用いた絞りの動作を示す構成説明図である。

【図3】この発明の第2の実施形態を示す全体構成説明図である。

【図4】この発明の第3の実施形態を示す全体構成説明図である。

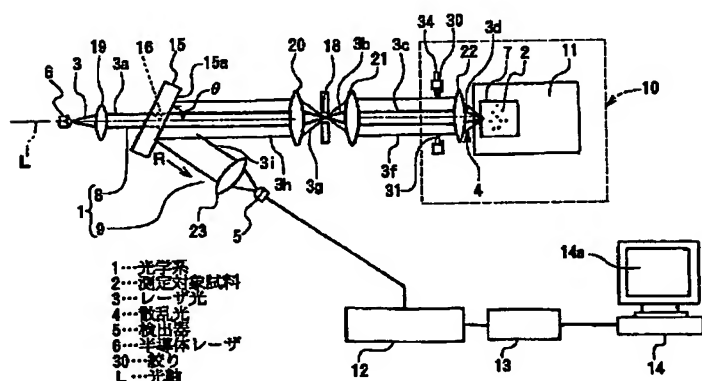
【図5】この発明で用いた絞りの変形例を示す図である。

【図6】この発明で用いた絞りの別の変形例を示す図である。

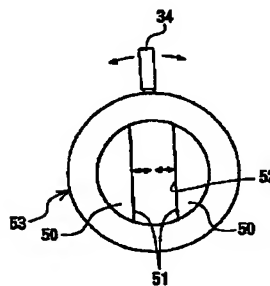
【符号の説明】

1…光学系、2…測定対象試料、3…レーザー光、3f…平行光、4…散乱光、5…検出器、6…半導体レーザー、30…絞り、L…光軸。

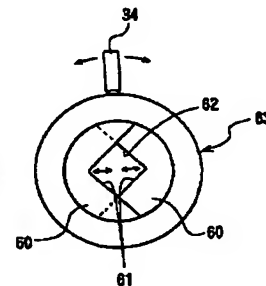
【図1】



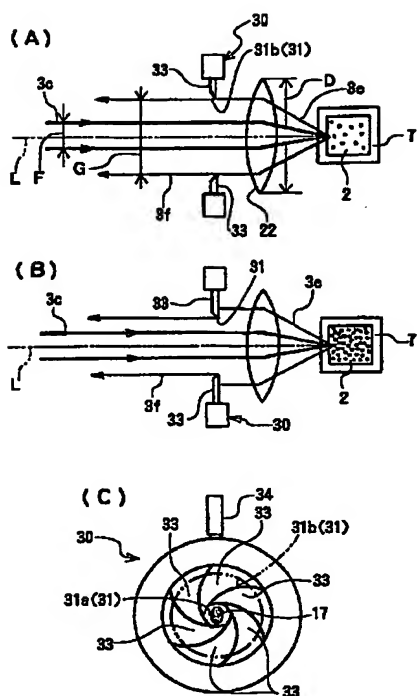
【図5】



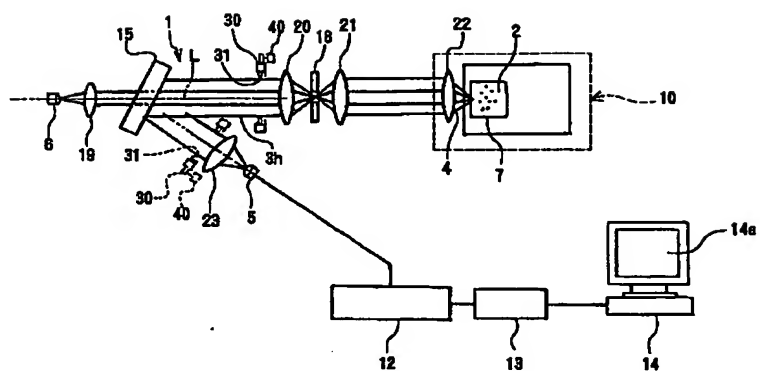
【図6】



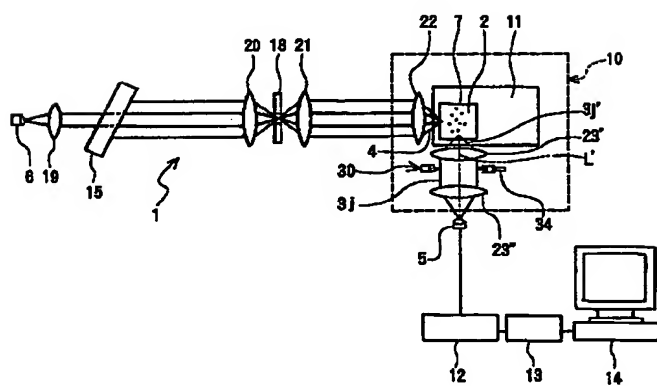
【図2】



【図3】



【図4】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**